

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-167706

(43)Date of publication of application : 14.06.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

(21)Application number : 04-328969

(71)Applicant : CASIO COMPUT CO LTD

(22)Date of filing : 16.11.1992

(72)Inventor : MIYAZAWA YOSHINAGA

(30)Priority

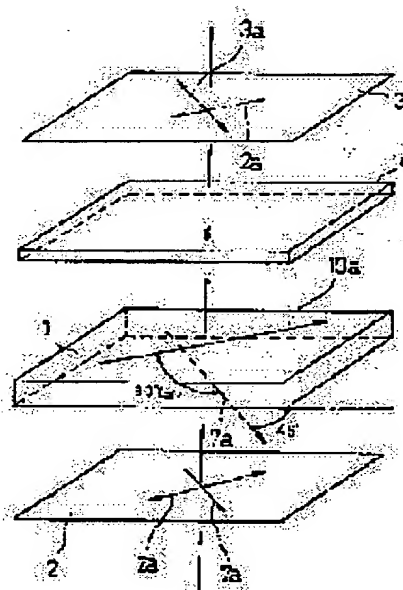
Priority number : 04285326 Priority date : 30.09.1992 Priority country : JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the inversion of brightness by visual angles at the time of displaying medium graduations and to lessen the color change by visual angles by providing a pair of polarizing plates disposed to hold a liquid crystal cell therebetween on the outer side of the cell and a specific perpendicular axis phase plate disposed between a pair of the polarizing plates and specifying the value of $\Delta n d$ of the liquid crystal cell.

CONSTITUTION: The value of the product $\Delta n d$ of the gap d and refractive index anisotropy Δn of the liquid crystal cell 1 is set in a 300 to 600nm range. The polarizer 2 is so disposed that its transmission axes 2a intersects nearly orthogonally with the orientation treatment direction 7a on the incident side of the liquid crystal cell 1. The analyzer 3 is so disposed that its transmission axes 3a intersects nearly orthogonally with the transmission axis 2a of the polarizer 2. The perpendicular axis phase plate 4 has the refractive indices in three directions; a stretching direction refractive index n_x , intra-surface orthogonal direction refractive index n_y and thickness direction refractive index n_z . The refractive indices in these three directions satisfy the relation $n_x = n_y = n_z$. Then, the difference in the phase difference of the light transmitted perpendicularly in the liquid crystal cell and the light transmitted diagonally therein is compensated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 27.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-167706

(43)公開日 平成6年(1994)6月14日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 F 1/1335

識別記号

5 1 0

庁内整理番号

7408-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全13頁)

(21)出願番号 特願平4-328969

(22)出願日 平成4年(1992)11月16日

(31)優先権主張番号 特願平4-285326

(32)優先日 平4(1992)9月30日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72)発明者 宮沢 善永

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ

オ計算機株式会社八王子研究所内

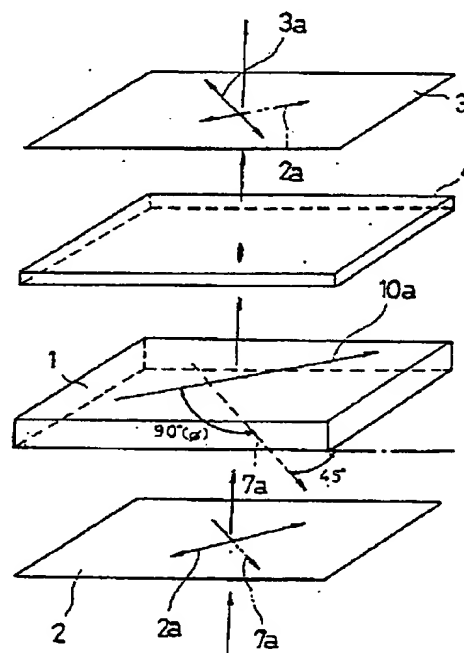
(74)代理人 弁理士 杉村 次郎

(54)【発明の名称】 液晶表示装置

(57)【要約】

【目的】 中間階調を表示する際の視角による明るさの逆転現象を改善できるとともに、色変化の視角依存性が小さく、階調を正確に表示できる液晶表示装置を提供する。

【構成】 液晶分子がほぼ90°でツイスト配向されたツイステッドネマティック型の液晶セル1の光入射側に偏光子2を配置するとともに、この液晶セル1の光出射側に検光子3を配置し、かつこの検光子3と液晶セル1との間に、延伸方向屈折率 n_x 、面内直交方向屈折率 n_y 、厚み方向屈折率 n_z が $n_x = n_y \neq n_z$ を満足し光軸が厚み方向に存在する垂直軸位相板4を配置した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶分子がほぼ90°でツイスト配向されたツイステッドネマティック型の液晶セルと、この液晶セルの外側にこれを挟むように配設された一対の偏光板と、前記一対の偏光板間に配置された位相板とを具備し、

前記液晶セルは $\Delta n d$ の値が300～600nmの範囲で、前記位相板は、少なくとも1枚が、延伸方向屈折率を n_x 、面内直交方向屈折率を n_y 、厚み方向屈折率を n_z としたとき $n_x = n_y \neq n_z$ を満足する垂直軸位相板であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 前記垂直軸位相板は、前記一対の偏光板の一方の偏光板と前記液晶セルとの間、または前記一対の偏光板の他方の偏光板と前記液晶セルとの間に配置されていることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記垂直軸位相板は、前記一対の偏光板の一方の偏光板と前記液晶セルとの間および前記一対の偏光板の他方の偏光板と前記液晶セルとの間にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記垂直軸位相板は、ポリカーボネートからなることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記垂直軸位相板は、液晶ポリマからなることを特徴とする請求項1記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、ツイステッドネマティック型の液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどのディスプレイとして用いられている液晶表示装置には、TFT-TN型の液晶表示装置が用いられている。この液晶表示装置は、各画素ごとに駆動用の薄膜トランジスタ(TFT)が配設されたツイステッドネマティック(TN)型の液晶セルの光入射側に偏光子がその透過軸を液晶セルの入射側基板の配向処理方向と直交させて配設され、液晶セルの光出射側に検光子がその透過軸を前記偏光子の透過軸とほぼ直交させて配設されている。この従来の液晶表示装置は、各画素にスタティックな電圧を印加して駆動することができるので、単純マトリックス型の液晶表示装置に比べてコントラストが高く、視野角も比較的広い。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のTN型の液晶表示装置は、表示面に垂直な方向から見た場合は非常に明るく色もつきにくい、上下方向の視野角が狭いという欠点を有している。即ち、表示面の垂直方向から上下方向へ見る方向を傾けるとコン

2

トラストが大きく低下する。そして、中間階調を表示する際には、表示面垂直方向に対する見る角度(以下、視角という)を下方向に傾けた場合に明るさの逆転現象が現われ、階調表示が乱れるという欠点がある。このような欠点を解消するために、最近では、偏光子と液晶セルとの間、もしくは検光子と液晶セルとの間に1軸性位相板を配設した液晶表示装置が考えられているが、このような液晶表示装置では中間階調における明るさの逆転現象はある程度改善できるが、表示の色変化の視角依存性が大きくなるという問題が生じる。

【0004】図21(A)～図21(C)に、1軸性位相板を用いない従来の典型的な液晶表示装置において、光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示した。ここで、図21(A)は液晶セルの上方向(入射側基板の配向処理方向を基準とした表示面の方向を表わす角度である方位角が135°の方向)に、図21(B)は下方向(方位角が315°の方向)に、図21(C)は右方向(方位角が45°の方向)に、それぞれ視角を0°～50°に振った際の各 L^*-V 曲線を示している。また、これらの図で、実線は視角が0°、点線は視角が10°、破線は視角が20°、1点鎖線は視角が30°、2点鎖線は視角40°、3点鎖線は視角が50°の場合をそれぞれ表わしている。これら3通りの L^*-V 曲線のうち、図21(B)に示す下方向に視角を傾けた場合の L^*-V 曲線には大きな瘤部が現われているため、中間階調表示を行なった場合に下方向での明るさの逆転現象が目だってしまう。図22

(A)～図22(C)に、1軸性位相板を用いない従来の液晶表示装置において視角を基板の法線方向から順次10°ずつ50°まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示した。この場合の駆動電圧は6Vである。これらの図で、黒四角(■)は視角が0°、白四角(□)は視角が10°、黒三角(▲)は視角が20°、白三角(△)は視角が30°、黒星(★)は視角40°、白星(☆)は視角が50°のときをそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、1軸性位相板を用いない従来の液晶表示装置では、色変化の視角依存性が小さい。

【0005】図23(A)～図23(C)に、1軸性位相板を用いた液晶表示装置における光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示した。ここでも図23(A)は上方向に、図23(B)は下方向に、図23(C)は右方向に、それぞれ視角を傾けた場合の各 L^*-V 曲線を示している。これらと図21(A)～図21(C)を比べると明らかなように、図23(B)に示す方位角が315°の下方向で、 L^*-V 曲線に図21(B)に示されたような大きな瘤部が現われていないため、中間階調表示を行なった場合の明るさの逆転現象が改善されている。図24(A)～図24(C)に、上、下、右の3方向における光の色相変化を

3

CIE色度図に示した。図24(A)に示された上方向のCIE色度図と図24(C)に示された右方向のCIE色度図では、6V印加時におけるそれぞれの方向での色変化の視角依存性が、1軸性位相板を用いない従来の液晶表示装置とほぼ同様である。しかし、図24(B)に示された下方向での色変化の視角依存性は、図22(B)に示される1軸性位相板を用いない場合より大きい。

【0006】この発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、中間階調を表示する際に視角による明るさの逆転現象を改善できるとともに、視角による色変化が小さい液晶表示装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、液晶分子がほぼ90°でツイスト配向されたツイステッドネマティック型の液晶セルと、この液晶セルの外側にこれを挟むように配設された一対の偏光板と、一対の偏光板間に配置された位相板とを具備し、前記液晶セルは $\Delta n d$ の値が300~600nmの範囲で、前記位相板は、少なくとも1枚が、延伸方向屈折率を n_x 、面内直交方向屈折率を n_y 、厚み方向屈折率を n_z としたとき $n_x = n_y \neq n_z$ を満足する垂直軸位相板であることを特徴とする液晶表示装置である。

【0008】

【作用】この発明によれば、液晶分子がほぼ90°でツイスト配向されたツイステッドネマティック型の液晶セルの外側にこれを挟むように一対の偏光板を配設するとともに、この液晶セルと一方の偏光板との間に、延伸方向屈折率 n_x 、面内直交方向屈折率 n_y 、厚み方向屈折率 n_z が $n_x = n_y \neq n_z$ を満足する垂直軸位相板を配設したので、この垂直軸位相板によって液晶セルを垂直に透過する光と斜めに透過する光の位相差の相違が補償され、中間階調表示の際の明るさの逆転現象が抑制され、色変化の視角依存性が改善される。

【0009】

【実施例】以下、図1~図8を参照して、この発明の第1実施例を説明する。図1および図2に液晶表示装置の断面図および分解斜視図を示した。この液晶表示装置では、ツイステッドネマティック型の液晶セル1の光入射側に偏光子2が設けられ、液晶セル1の光出射側に検光子3が設けられ、液晶セル1と検光子3との間に垂直軸位相板4が設けられている。

【0010】液晶セル1は、一方の電極5およびこの電極5の各画素ごとに配置された駆動用の薄膜トランジスタ(TFT)6並びにこれら覆う配向膜7が形成された下基板8と、前記一方の電極5と直交して対向する他方の電極9およびこの他方の電極を覆う配向膜10が形成された上基板11と、これら上下の基板8、11とシール材12とで囲まれた領域内に封入され、弾性定数比

4

K_3/K_1 の値が1.57、 K_3/K_2 の値が1.89、誘電率比 ϵ/ϵ_0 の値が1.29、ギャップ d とナチュラルピッチ p の比 d/p の値が約0.052の液晶材料13とからなっている。なお、この液晶セル1は図面上で下方から光が入射されるものであり、以下では下基板を入射側基板8、上基板を出射側基板11という。

【0011】入射側基板8と出射側基板11の対向するそれぞれの面に形成された配向膜7、10は、それぞれラビングなどの配向処理が施されている。入射側基板8の配向膜7は、図2に示すように、液晶セル1を正面から見たときの左右方向に沿った液晶セル1の長手方向に対して左上から右下方向に約45°の傾きをもった方向7aに配向処理が施されている。出射側基板11の配向膜10は、入射側基板8の配向処理方向7a(以下、入射側配向処理方向という)に対して光出射側から見て右回りにほぼ90°回転した方向10aに配向処理が施されている。このような配向処理により、液晶材料13の分子は光出射側から見て左回りにほぼ90°ツイストして配列されている。そして、液晶分子のプレチルト角は約3°である。また、液晶セル1のギャップ d と屈折率異方性 Δn との積 $\Delta n d$ の値は300~600nmの範囲に設定されており、好ましくは380nm(測定波長:589nm)である。

【0012】偏光子2は、その透過軸2aが液晶セル1の入射側配向処理方向7aとほぼ直交するように配設されている。検光子3は、その透過軸3aが偏光子2の透過軸2aとほぼ直交するように配設されている。垂直軸位相板4は、延伸方向屈折率 n_x 、面内直交方向屈折率 n_y 、厚み方向屈折率 n_z の3方向の屈折率を有し、これら3方向の屈折率が $n_x = n_y \neq n_z$ の関係を満足し、屈折率異方性 $\Delta n (=n_z - n_x)$ と厚さ d との積 $\Delta n d$ の値が-300~300nmの範囲に設定されている。本例の垂直軸位相板4はポリカーボネイトからなり、厚さ d が50 μm で、延伸方向屈折率 n_x が1.581、面内直交方向屈折率 n_y が延伸方向屈折率 n_x と同じ1.581で、厚み方向屈折率 n_z が1.575~1.587(いずれの場合も、測定波長は589nm)である。

【0013】この第1実施例では、液晶セル1と検光子3との間に3方向の屈折率が $n_x = n_y \neq n_z$ の関係を満足する垂直軸位相板4を配置したので、この垂直軸位相板4によって液晶セル1を垂直に透過する光と斜めに透過する光の位相差の相違が補償され、中間階調表示の際の明るさの逆転現象が抑制され、下辺方向の色変化の視角依存性が小さくなり、視角特性を大幅に改善できる。

【0014】垂直軸位相板の $\Delta n d$ は、それを配設した液晶表示装置により得られる表示特性に応じ上述した範囲内において適宜設定されるが、その液晶表示装置の表示特性について、図3~図6を参照して説明する。図3は明状態(印加電圧が0V)での光透過率の比 L^*/L_0 の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。

ここで、 L^*1 は明状態における視角 50° での光透過率、 L^*0 は明状態における視角 0° （正面）での光透過率である。この図3では、 L^*1/L^*0 が高い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $0 \sim 200 \text{ nm}$ で良い特性が得られている。図4は暗状態（印加電圧が 6 V ）での光透過率の比 L^*2/L^*0 の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この場合の L^*2 は、暗状態における視角 50° での光透過率である。この図4では、 L^*2/L^*0 が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $-200 \sim 0 \text{ nm}$ でより良い特性が得られている。図5は最大光透過率 L^*0 の半値電圧幅 ΔV （ $1/2$ ）の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この ΔV （ $1/2$ ）は、最大光透過率の半値 $L^*0/2$ をそれぞれ得ることができる視角 0° での電圧 V_1 と視角 50° での電圧 V_2 との差（ $V_1 - V_2$ ）であり、これは中間階調での表示特性の視角依存性を表わす。この図5では、最大光透過率 L^*0 の半値電圧幅 ΔV （ $1/2$ ）が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $0 \sim 200 \text{ nm}$ でより良い特性が得られている。図6は瘤部での光透過率の比 L^*3/L^*0 の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この場合の L^*3 は瘤部での最大光透過率である。この図6では、光透過率の比 L^*3/L^*0 の値が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $0 \sim 200 \text{ nm}$ の範囲が良く、特に 100 nm 付近で最も良い特性が得られている。なお、これらの図において、白四角（□）は方位角が 135° の上方向、プラス（+）は方位角が 315° の下方向、菱形（◇）は方位角が 45° の右方向をそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、垂直軸位相板の $\Delta n d$ の値は、 $-300 \sim 300 \text{ nm}$ （測定波長： 589 nm ）の範囲が好ましく、そのうちでも $-200 \sim 200 \text{ nm}$ の範囲がよい。特に、 100 nm 付近が瘤部での光透過率の比 L^*3/L^*0 を最も小さく抑えることができる。

【0015】次に、垂直軸位相板として、 $\Delta n d$ の値が 100 nm で、厚み方向屈折率 n_z が 1.583 の垂直軸位相板4を用いたTN型の液晶表示装置による L^*-V 曲線と表示色の視角依存性（以下、視角特性という）との具体的な測定結果について、1軸性位相板を用いた従来のものと比較しながら説明する。

【0016】図7（A）～図7（C）に、垂直軸位相板4を用いた液晶表示装置における L^*-V 曲線の視角依存性を示した。この場合にも、実線は視角が 0° 、点線は視角が 10° 、破線は視角が 20° 、1点鎖線は視角が 30° 、2点鎖線は視角が 40° 、3点鎖線は視角が 50° の場合をそれぞれ表わしている。図7（A）は、液晶セルの上方向（方位角が 135° の方向）に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線で、図23（A）とほぼ同様の特性を示している。図7（B）は、液晶セルの下方向（方位角が 315° の方向）に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線で、図23（B）の L^*-V 曲線と比べて瘤部がさらに小さくなっているの

で、 L^*-V 曲線と比べて瘤部がさらに小さくなっているの、中間階調表示を行なった場合に明るさの逆転現象がさらに抑制される。図7（C）は、液晶セルの右方向（方位角が 45° の方向）に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線で、図23（C）とほぼ同様の特性を示している。

【0017】図8（A）～図8（C）に、上述の垂直軸位相板4を用いた液晶表示装置において視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を、上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示した。これらの図で、黒四角（■）は視角が 0° 、白四角（□）は視角が 10° 、黒三角（▲）は視角が 20° 、白三角（△）は視角が 30° 、黒星（★）は視角が 40° 、白星（☆）は視角が 50° の場合をそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、図8（A）と図8（C）に示されている色相変化の各視角依存性は、図24（A）および図24（C）に示された色相変化の各視角依存性とほぼ同等である。しかし、図8（B）に示されている下方向での色相変化の視角依存性は、図24（B）に示された下方向での色相変化の視角依存性よりも小さい。

【0018】このように、この具体例によれば、中間階調表示の際の明るさの逆転現象を抑制でき、かつ下方向の色変化の視角依存性が改善され、視角特性が向上し、階調を正確に表示することができる。

【0019】次に、この発明の第2実施例を説明する。この第2実施例では、垂直軸位相板が液晶ポリマからなる。この液晶ポリマからなる垂直軸位相板は、 $\Delta n d$ の値が 100 nm で、厚さ d が $3 \mu\text{m}$ で、延伸方向屈折率 n_x が 1.484 、面内直交方向屈折率 n_y が延伸方向屈折率 n_x と同じ 1.484 で、厚み方向屈折率 n_z が 1.517 （いずれの場合も、測定波長は 589 nm ）である。これ以外は第1実施例と同じ構造になっている。

【0020】このような垂直軸位相板を用いた液晶表示装置の視角特性の具体的な測定結果について、図9および図10を参照して、1軸性位相板を用いた従来のものと比較しながら説明する。

【0021】図9（A）～図9（C）に、液晶ポリマからなる垂直軸位相板を用いた液晶表示装置における L^*-V 曲線の視角依存性を示した。この場合も、実線は視角が 0° 、点線は視角が 10° 、破線は視角が 20° 、1点鎖線は視角が 30° 、2点鎖線は視角が 40° 、3点鎖線は視角が 50° をそれぞれ表わしている。図9（A）は、液晶セルの上方向（方位角が 135° の方向）に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線で、図23（A）とほぼ同様の特性を示している。図9（B）は、液晶セルの下方向（方位角が 315° の方向）に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線で、図23（B）の L^*-V 曲線と比べて下方向でのすべりの視角において瘤部がさらに小さくなっているの

中間階調表示を行なった場合に明るさの逆転現象がさらに抑制される。図9(C)の特性は、図23(C)の特性とほぼ同様である。

【0022】図10(A)～図10(C)に、上述した垂直軸位相板を用いた液晶表示装置において視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を、上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示した。これらの図で、黒四角(□)は視角が 0° 、白四角(□)は視角が 10° 、黒三角(△)は視角が 20° 、白三角(△)は視角が 30° 、黒星(☆)は視角 40° 、白星(☆)は視角が 50° をそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、図10(A)と図10(C)に示された色相変化の各視角依存性は、図24(A)および図24(C)に示された色相変化の視角依存性と同等であるが、図10(B)に示された下方向での色相変化の視角依存性は、図24(B)に示されたそれよりも小さい。

【0023】このように、この第2実施例の具体例でも、中間階調表示の際の明るさの逆転現象を抑制でき、下方向の色変化の視角依存性が改善され、視角特性を改善し、階調を正確に表示することができる。

【0024】次に、図11～図20を参照して、この発明の第3実施例を説明する。この場合、図1および図2に示された第1実施例と同一部分には同一符号を付し、その説明は適宜省略する。図11および図12に示された液晶表示装置では、液晶セル1の光入射側に設けられた偏光子2と液晶セル1との間に第1垂直軸位相板20が設けられ、液晶セル1の光出射側に設けられた検光子3と液晶セル1との間に第2垂直軸位相板21が設けられている。この場合、液晶セル1は第1実施例と同じ構造であり、液晶セル1のギャップdと屈折率異方性 Δn との積 $\Delta n d$ の値が $300 \sim 600 \text{ nm}$ の範囲に設定され、好ましくは 380 nm (測定波長: 589 nm)である。また、偏光子2は、第1実施例と同様、その透過軸2aが液晶セル1の入射側配向処理方向7aとほぼ直交するように配設されており、検光子3は、その透過軸3aが偏光子2の透過軸2aとほぼ直交するように配設されている。

【0025】第1垂直軸位相板20および第2垂直軸位相板21は、それぞれ、延伸方向屈折率 n_x 、面内直交方向屈折率 n_y 、厚み方向屈折率 n_z の3方向の屈折率を有し、これら3方向の屈折率が $n_x = n_y \neq n_z$ の関係を満足し、屈折率異方性 $\Delta n (= n_z - n_x)$ と厚さdとの積 $\Delta n d$ の値が $-300 \sim 300 \text{ nm}$ に設定されている。本例の垂直軸位相板20、21はそれぞれポリカーボネイトからなり、厚さdが $5.0 \mu\text{m}$ で、延伸方向屈折率 n_x が1.581、面内直交方向屈折率 n_y が延伸方向屈折率 n_x と同じ1.581で、厚み方向屈折率 n_z が1.575～1.587(いずれの場合も、測定波長は 589 nm)である。

【0026】この第3実施例では、液晶セル1と偏光子

2との間および液晶セル1と検光子3との間に3方向の屈折率が $n_x = n_y \neq n_z$ の関係を満足する第1、第2垂直軸位相板20、21をそれぞれ配置したので、これら第1、第2垂直軸位相板20、21によって液晶セル1を垂直に透過する光と斜めに透過する光の位相差の相違が補償され、中間階調表示の際の明るさの逆転現象が抑制され、色変化の視角依存性が小さくなり、視角特性を大幅に改善できる。

【0027】液晶表示セル1を挟んで配設する一対の垂直軸位相板の $\Delta n d$ は、それを設けた液晶表示装置により得られる表示特性に基づき最適に設定されるが、その表示特性について、図13～図16を参照して説明する。図13は明状態(印加電圧が0V)での光透過率の比 L_{*1}/L_{*0} の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。ここで、 L_{*1} は明状態における視角 50° での光透過率、 L_{*0} は明状態における視角 0° (正面)での光透過率である。この図13では、 L_{*1}/L_{*0} が高い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $100 \sim 200 \text{ nm}$ で良い特性が得られている。図14は暗状態(印加電圧が6V)での光透過率の比 L_{*2}/L_{*0} の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この場合の L_{*2} は、暗状態における視角 50° での光透過率である。この図14では、 L_{*2}/L_{*0} が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $-200 \sim -100 \text{ nm}$ でより良い特性が得られている。図15は最大光透過率 L_{*0} の半値電圧幅 $\Delta V(1/2)$ の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この $\Delta V(1/2)$ は、最大光透過率の半値 $L_{*0}/2$ をそれぞれ得ることができる視角 0° での電圧 V_1 と視角 50° での電圧 V_2 との差($V_1 - V_2$)であり、これは中間階調の表示特性の視野依存性を表わしている。この図15では、半値電圧幅 $\Delta V(1/2)$ が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $100 \sim 200 \text{ nm}$ で下方向のより良い特性が得られ、 $0 \sim 150 \text{ nm}$ で右方向のより良い特性が得られている。図16は瘤部での光透過率の比 L_{*3}/L_{*0} の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する変化を示した。この場合の L_{*3} は瘤部での最大光透過率である。この図16では、光透過率の比 L_{*3}/L_{*0} の値が低い方が良く、垂直軸位相板の $\Delta n d$ が $-100 \sim 200 \text{ nm}$ で良く、特に 50 nm 付近で最も良い特性が得られている。なお、これらの図において、白四角(□)は方位角が 135° の上方向、プラス(+)は方位角が 315° の下方向、菱形(◇)は方位角が 45° の右方向をそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、垂直軸位相板の $\Delta n d$ の値は、 $-300 \sim 300 \text{ nm}$ (測定波長: 589 nm)の範囲内でも $-200 \sim 200 \text{ nm}$ の範囲がよく、特に、 50 nm 付近で瘤部での光透過率の比 L_{*3}/L_{*0} を最も小さく抑えることができる。

【0028】次に、この第3実施例の第1具体例として、 $\Delta n d$ の値が 50 nm 、厚み方向屈折率 n_z が1.5

82の第1、第2垂直軸位相板20、21を用い、L*-V曲線と表示色の視角依存性を測定した結果について、1軸性位相板を用いた従来のものと比較しながら説明する。

【0029】図17(A)～図17(C)に、第1、第2垂直軸位相板20、21を用いた液晶表示装置におけるL*-V曲線の視角依存性を示した。この場合も、実線は視角が0°、点線は視角が10°、破線は視角が20°、1点鎖線は視角が30°、2点鎖線は視角40°、3点鎖線は視角が50°の場合をそれぞれ表わしている。図17(A)は、液晶セルの上方向(方位角が135°の方向)に視角を0°～50°に振った際のL*-V曲線で、図23(A)とほぼ同様の特性を示している。図17(B)は、液晶セルの下方向(方位角が315°の方向)に視角を0°～50°に振った際のL*-V曲線で、図23(B)のL*-V曲線と比べて瘤部がさらに小さくなっているため、中間階調表示を行なった場合に明るさの逆転現象がさらに抑制される。図17(C)は、液晶セルの右方向(方位角が45°の方向)に視角を0°～50°に振った際のL*-V曲線で、図23(C)とほぼ同様の特性を示している。

【0030】図18(A)～図18(C)に、上述の各垂直軸位相板20、21を用いた液晶表示装置において視野を基板の法線方向から順次10°ずつ50°まで傾けたときの光の色相変化を、上方向、下方向、右方向の各方向でCIE色度図に示した。これらの図で、黒四角(■)は視角が0°、白四角(□)は視角が10°、黒三角(▲)は視角が20°、白三角(△)は視角が30°、黒星(★)は視角40°、白星(☆)は視角が50°の場合をそれぞれ表わしている。これらの図から明らかなように、図18(A)と図18(C)に示されている色相変化の各視角依存性は、図24(A)および図24(C)に示された色相変化の各視角依存性とほぼ同等であるが、図18(B)に示されている下方向での色相変化の視角依存性は、図24(B)に示された下方向での色相変化の視角依存性よりも小さい。

【0031】このように、この第3実施例の第1具体例によれば、中間階調表示の際の明るさの逆転現象を抑制でき、特に下方向の色変化の視角依存性が改善され、視角特性が向上し、階調を正確に表示することができる。

【0032】また、第2具体例として、 $\Delta n d$ の値が100nmで、延伸方向屈折率 n_x が1.581、厚み方向屈折率 n_z が1.579の第1、第2垂直軸位相板20、21を用い、L*-V曲線と表示色の視角依存性を測定した結果について、1軸性位相板を用いた従来のものと比較しながら説明する。

【0033】図19に、上述した第1、第2垂直軸位相板20、21を用いた液晶表示装置において右方向に視角を変化させた場合のL*-V曲線の視角依存性を示した。この場合も、実線は視角が0°、点線は視角が10°

、破線は視角が20°、1点鎖線は視角が30°、2点鎖線は視角40°、3点鎖線は視角が50°の場合を表わしている。この図19では、図23(C)のL*-V曲線と比べて、落ち込んだ後の盛り返しが小さいので、中間階調表示を行なった場合に液晶セルの右方向における明るさの逆転現象が抑制される。

【0034】図20に、上述の各垂直軸位相板20、21を用いた液晶表示装置において視角を基板の法線方向から右方向へ順次10°ずつ50°まで傾けたときの光の色相変化をCIE色度図に示した。この図で、黒四角(■)は視角が0°、白四角(□)は視角が10°、黒三角(▲)は視角が20°、白三角(△)は視角が30°、黒星(★)は視角40°、白星(☆)は視角が50°の場合を表わしている。この図から明らかなように、色相変化の右方向での視角依存性は、図24(C)に示された1軸性位相板を配置した場合での色相変化の視角依存性とほぼ同等である。

【0035】このように、この第2具体例によれば、中間階調表示において右方向へ視角を変化させた際の明るさの逆転現象を抑制でき、かつ右方向の色変化の視角依存性を増大させることもなく、視角特性が向上し、階調を正確に表示することができる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、液晶分子がほぼ90°でツイスト配向されたツイステッドネマティック型の液晶セルの外側にこれを挟むように一対の偏光板を配設するとともに、一対の偏光板間に、延伸方向屈折率 n_x 、面内直交方向屈折率 n_y 、厚み方向屈折率 n_z が $n_x = n_y \neq n_z$ を満足する垂直軸位相板30を配設したので、この垂直軸位相板によって液晶セルを垂直に透過する光と斜めに透過する光の位相差の相違が補償され、中間階調表示の際の明るさの逆転現象を抑制するとともに、色変化の視角依存性を改善し、階調を正確に安定して表示できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例の液晶表示装置の断面図。

【図2】図1の液晶表示装置の概略構成を示す分解斜視図。

【図3】図1の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する明状態(印加電圧が0V)での光透過率比 L^*/L_0 の変化を示す図。

【図4】図1の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する暗状態(印加電圧が6V)での光透過率比 L^*/L_0 の変化を示す図。

【図5】図1の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する最大光透過率の半値電圧幅 ΔV^* (1/2)の変化を示した図。

【図6】図1の垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する瘤部での光透過率比 L^*/L_0 の変化を示す図。

【図7】図1の液晶表示装置において、 $\Delta n d$ が100

11

nmの垂直軸位相板を用いた場合における光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示し、(A)は液晶セルの上方向(方位角が 135° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(B)は液晶セルの下方向(方位角が 315° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(C)は液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図。

【図8】図1の液晶表示装置において、視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示し、(A)は上方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(B)は下方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(C)は右方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図。

【図9】この発明の第2実施例の液晶表示装置における光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示し、(A)は液晶セルの上方向(方位角が 135° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(B)は液晶セルの下方向(方位角が 315° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(C)は液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図。

【図10】図9の液晶表示装置において、視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示し、(A)は上方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(B)は下方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(C)は右方向へ視角を変化させる場合のCIE色度図。

【図11】この発明の第3実施例の液晶表示装置の断面図。

【図12】図11の液晶表示装置の分解斜視図。

【図13】図11の各垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する明状態(印加電圧が0V)での光透過率比 L^*1/L^*0 の変化を示す図。

【図14】図11の各垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する暗状態(印加電圧が6V)での光透過率比 L^*2/L^*0 の変化を示す図。

【図15】図11の各垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する最大光透過率の半値電圧幅 ΔV ($I/2$)の変化を示した図。

【図16】図11の各垂直軸位相板の $\Delta n d$ に対する瘤部での光透過率比 L^*3/L^*0 の変化を示す図。

【図17】第3実施例の液晶表示装置において、 $\Delta n d$ が50nmの垂直軸位相板を用いた場合の第1具体例における光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示し、(A)は液晶セルの上方向

12

(方位角が 135° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(B)は液晶セルの下方向(方位角が 315° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(C)は液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図。

【図18】第3実施例の第1具体例において、視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示し、(A)は上方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(B)は下方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(C)は右方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図。

【図19】第3実施例の液晶表示装置において、 $\Delta n d$ が100nmの垂直軸位相板を用いた場合の第2具体例における液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線図。

【図20】第3実施例の第2具体例において視角を基板の法線方向から右方向へ順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を示すCIE色度図。

【図21】1軸性位相板を用いない従来の液晶表示装置において、光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示し、(A)は液晶セルの上方向(方位角が 135° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(B)は液晶セルの下方向(方位角が 315° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(C)は液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図。

【図22】図21の液晶表示装置において、視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示し、(A)は上方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(B)は下方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(C)は右方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図。

【図23】1軸性位相板を用いた従来の液晶表示装置において、光透過率 L^* と印加電圧 V の関係を示す L^*-V 曲線の視角依存性を示し、(A)は液晶セルの上方向(方位角が 135° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(B)は液晶セルの下方向(方位角が 315° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図、(C)は液晶セルの右方向(方位角が 45° の方向)に視角を $0^\circ \sim 50^\circ$ に振った際の L^*-V 曲線図。

【図24】図23の液晶表示装置において、視角を基板の法線方向から順次 10° ずつ 50° まで傾けたときの光の色相変化を上方向、下方向、右方向の各方向ごとにCIE色度図に示し、(A)は上方向へ視角を変化させ

13

14

た場合のCIE色度図、(B)は下方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図、(C)は右方向へ視角を変化させた場合のCIE色度図。

【符号の説明】

- 1 液晶セル
- 2 偏光子
- 3 検光子

4 垂直軸位相板

7、10 配向膜

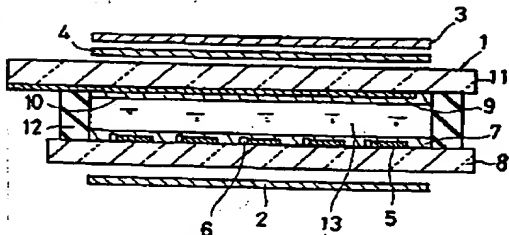
7a 入射側配向処理方向

13 液晶材料

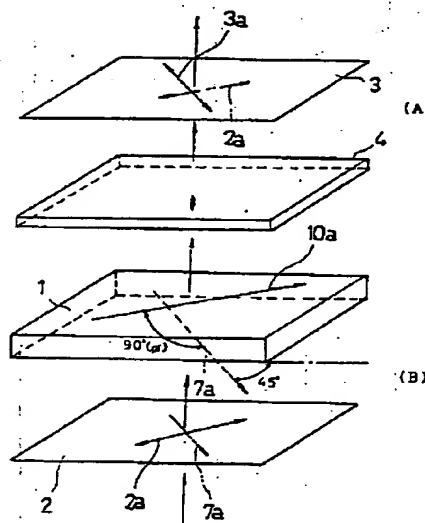
20 第1垂直軸位相板

21 第2垂直軸位相板

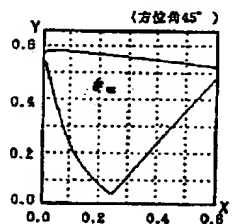
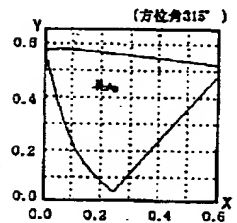
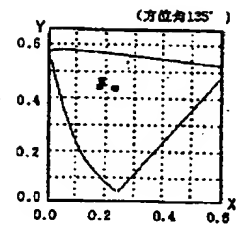
【図1】



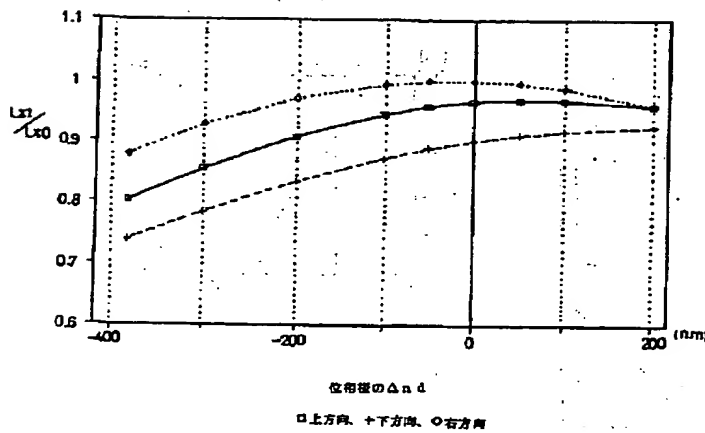
【図2】



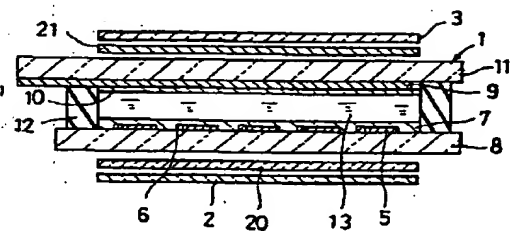
【図8】



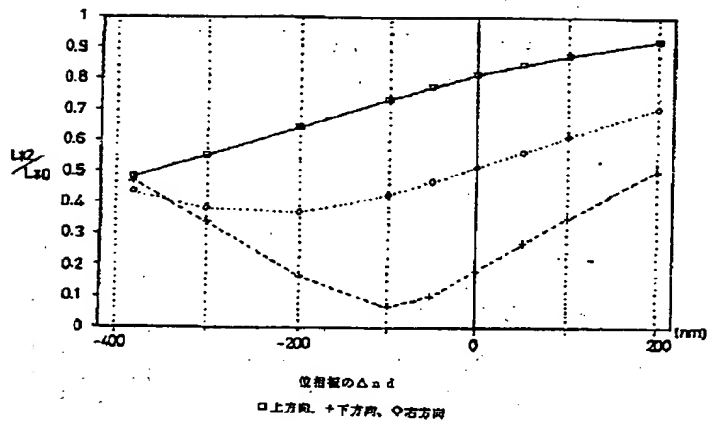
【図3】



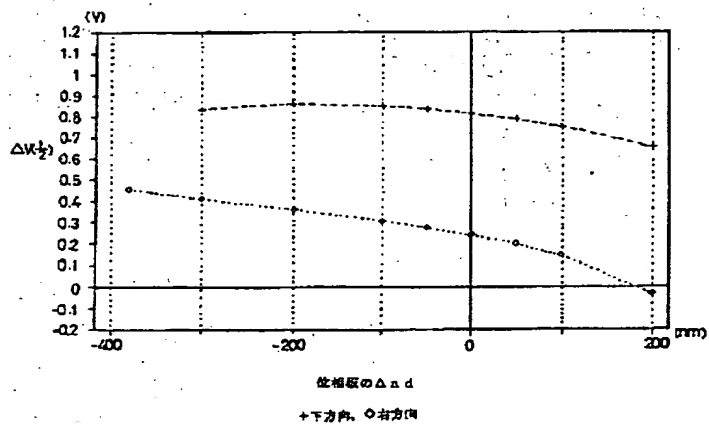
【図11】



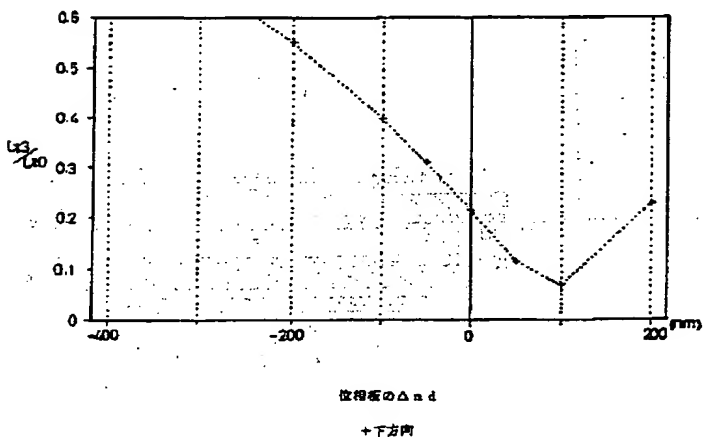
【図4】



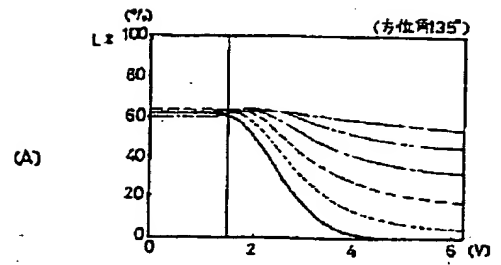
【図5】



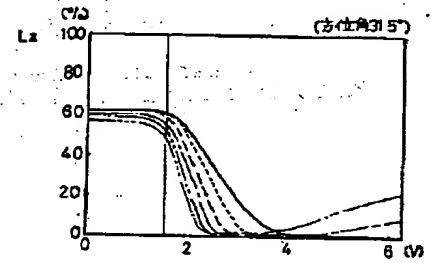
【図6】



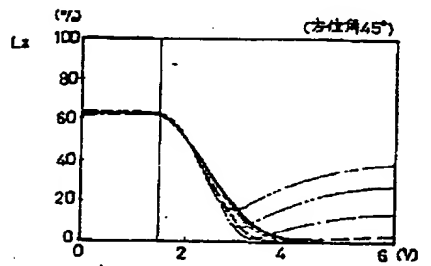
【図7】



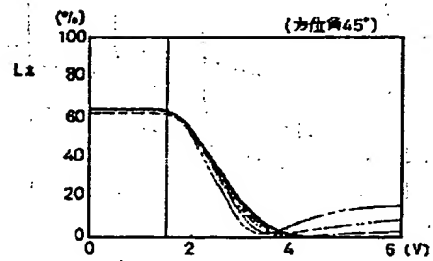
(B)



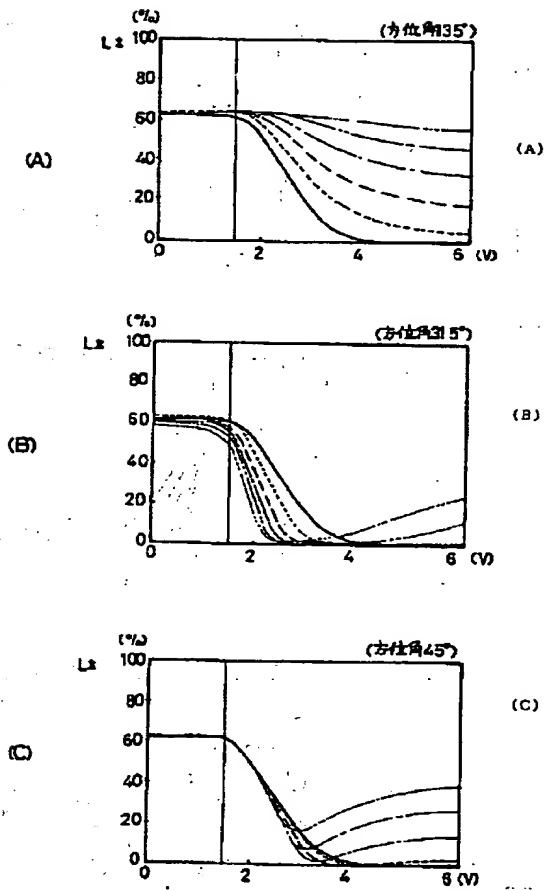
(C)



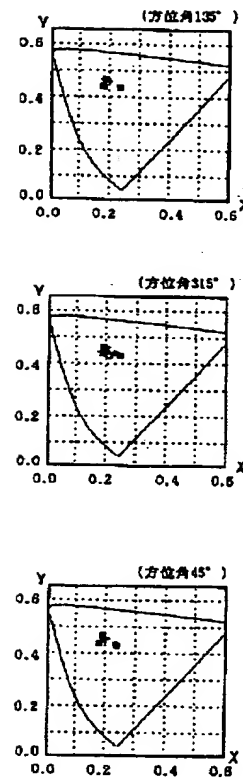
【図19】



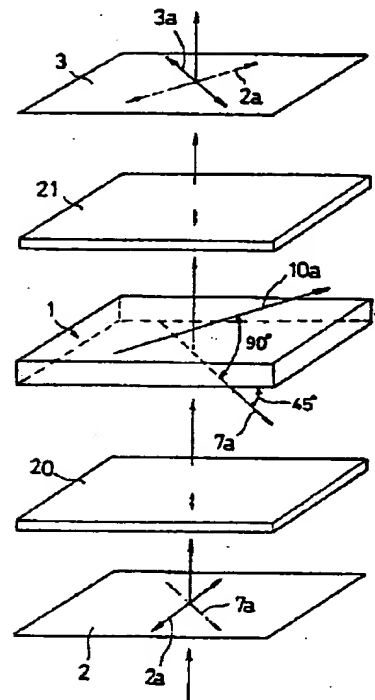
【図9】



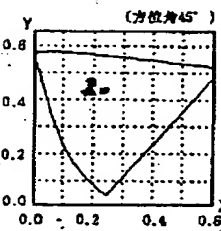
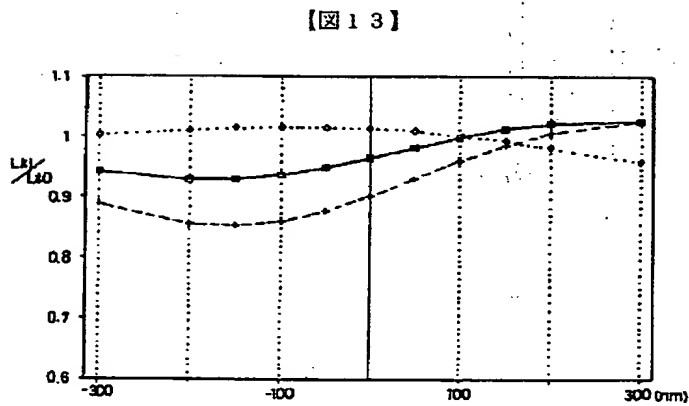
【図10】



【図12】

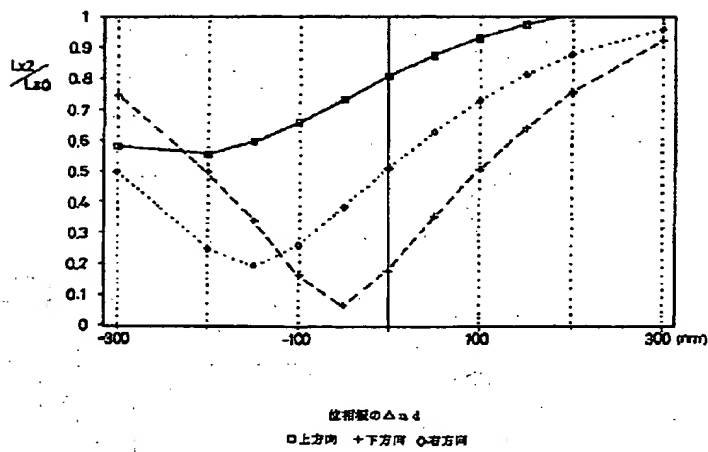


【図20】

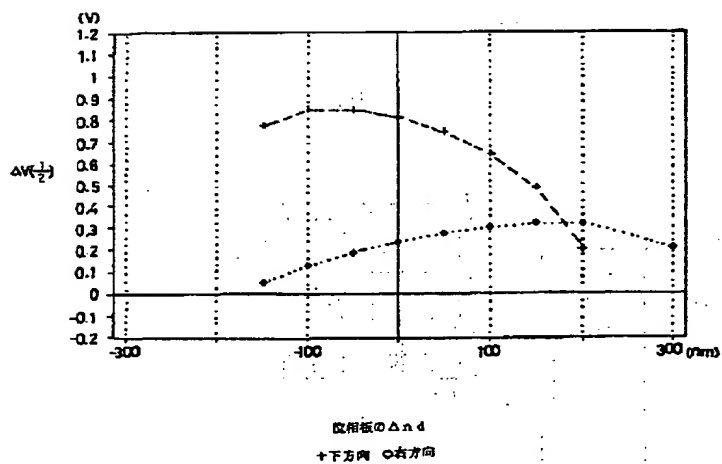


位相遅延の Δnd
 ○上方向 +下方向 ◇右方向

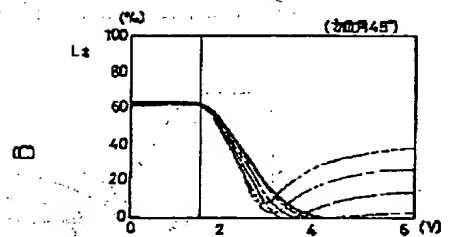
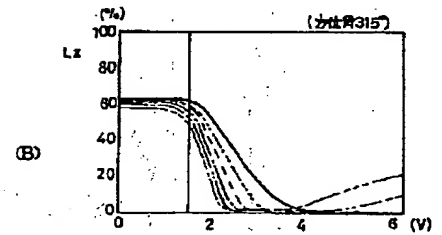
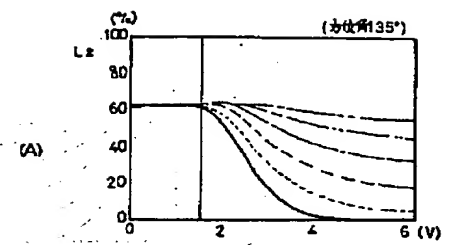
【図14】



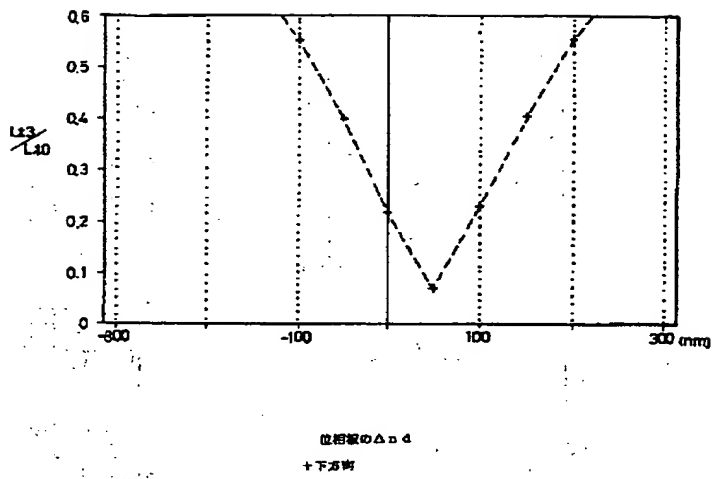
【図15】



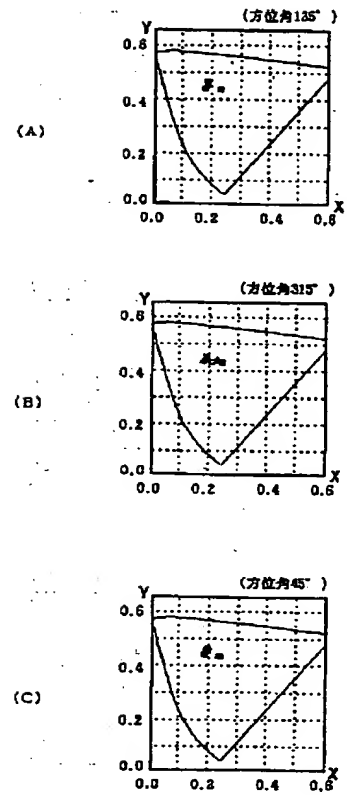
【図17】



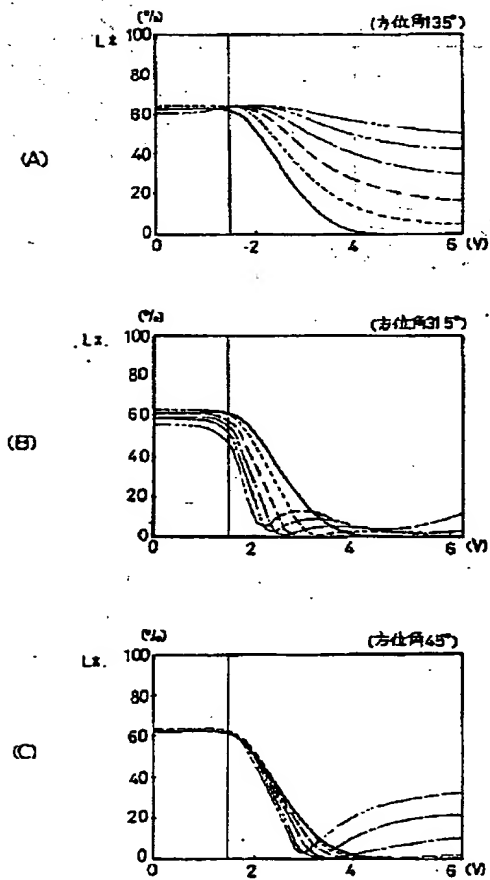
【図16】



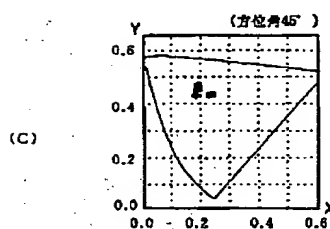
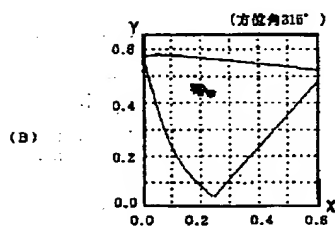
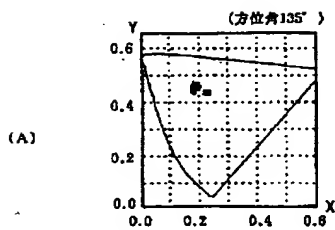
【図18】



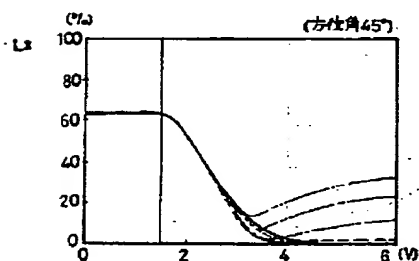
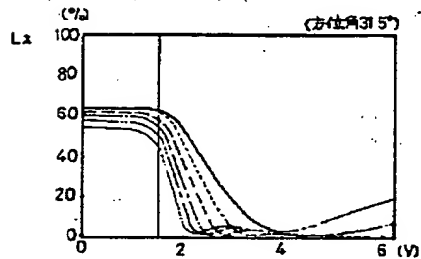
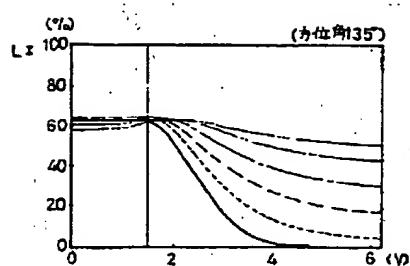
【図21】



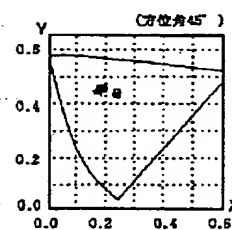
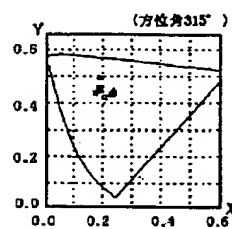
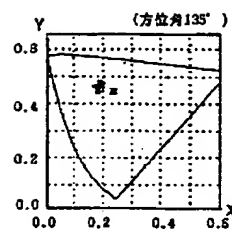
【図22】



【図23】



-【図24】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)